

Е. Б. БОНДАРЬ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ СЫСОЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОМИ АССР

### 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЛАНЦЕВ

Сысольское месторождение горючих сланцев расположено в Тимано-Печорском сланцевом бассейне, входящем в состав Волго-Печорской сланценосной провинции, которая простирается в меридиональном направлении от Баренцева моря до Каспийского. По данным геологической разведки, выявленные запасы горючих сланцев этой провинции исчисляются десятками миллиардов тонн и представляют собой крупный топливно-сырьевой резерв [1]. Разведанные месторождения горючих сланцев Тимано-Печорского бассейна стратиграфически приурочены к девонской, пермской, юрской и меловой системам. Юрские сланцы, расположенные близко к поверхности земли (0—140 м), обладающие удельной теплотой сгорания свыше 23 000 кДж/кг и дающие при полукоксовании до 27% смолы, представляют практический интерес [2]. Эти сланцы сосредоточены в Сысольском, Ярегском, Ижемском и Большеземельском бассейнах.

Первый из них находится в верхнем течении р. Сысолы и простирается на 10 тыс. км<sup>2</sup>. Юрские отложения, выполняющие Сысольскую синклинали, лежат почти горизонтально. Горючие сланцы стратиграфически приурочены к нижневолжскому ярусу верхней юры. Наиболее перспективны для практического использования горючие сланцы Поингской площади, в разрезе сланценосной толщи которой выделяются два пласта горючих сланцев, по мощности и качеству отвечающих требованиям промышленности. Мощность верхнего пласта 3,2 м, удельная теплота сгорания до 10 400 кДж/кг; мощность нижнего пласта 3,7 м, глубина залегания 10—142 м, удельная теплота сгорания до 9600 кДж/кг. Прогнозные ресурсы по обоим пластам при минимальной мощности 0,7 м и удельной теплоте сгорания, превышающей 8400 кДж/кг, составляют 2500 млн. т [3].

Настоящая работа — начало серии исследований сысольского горючего сланца, которые проводятся по комплексной схеме [4]. В процессе работы была изучена средняя проба горючего сланца Поингской площади — часть представительной, большой по объему пробы, предоставленной Ухтинской ГРЭ для исследований в НИИсланцев (г. Кохтла-Ярве). Характеристика пробы, %:  $W^a$  9,4,  $A^d$  66,8,  $CO_{2M}^d$  5,3,  $S^d$  2,5, органическое вещество (ОВ) 27,9. Для петрографических исследований начальником Вычегодской геолого-поисковой партии Ю. В. Жуковым предоставлены две пробы сланцев, отобранные из скважины № 369 (глубина отбора 103,7 м) и шурфа № 28 (11,4 м).

Количественным рентгенидифрактометрическим исследованием минеральной части сланца (методика [5]) нами установлено, что она на 75,1% состоит из глинистых минералов и на 21,1% — из карбона-

тов (рис. 1). В составе первых преобладают гидрослюда и монтмориллонит, вторых — кальцит. Содержание пирита 3,8%.

Минеральный состав пробы сыольского сланца, %

Арагонит	5,6	Каолинит	8,0
Кальцит	14,8	Монтмориллонит	21,7
Кварц	10,8	Пирит	3,8
Полевой шпат	5,7	Сидерит	0,7
Гидрослюда	27,1	Гейландит	1,8
Всего			100,0

Сланец труднообогатим, но при обработке его концентрированными хлористоводородной и фтористоводородной кислотами по стандартной методике был получен концентрат, содержащий 70,9% ОВ следующие-

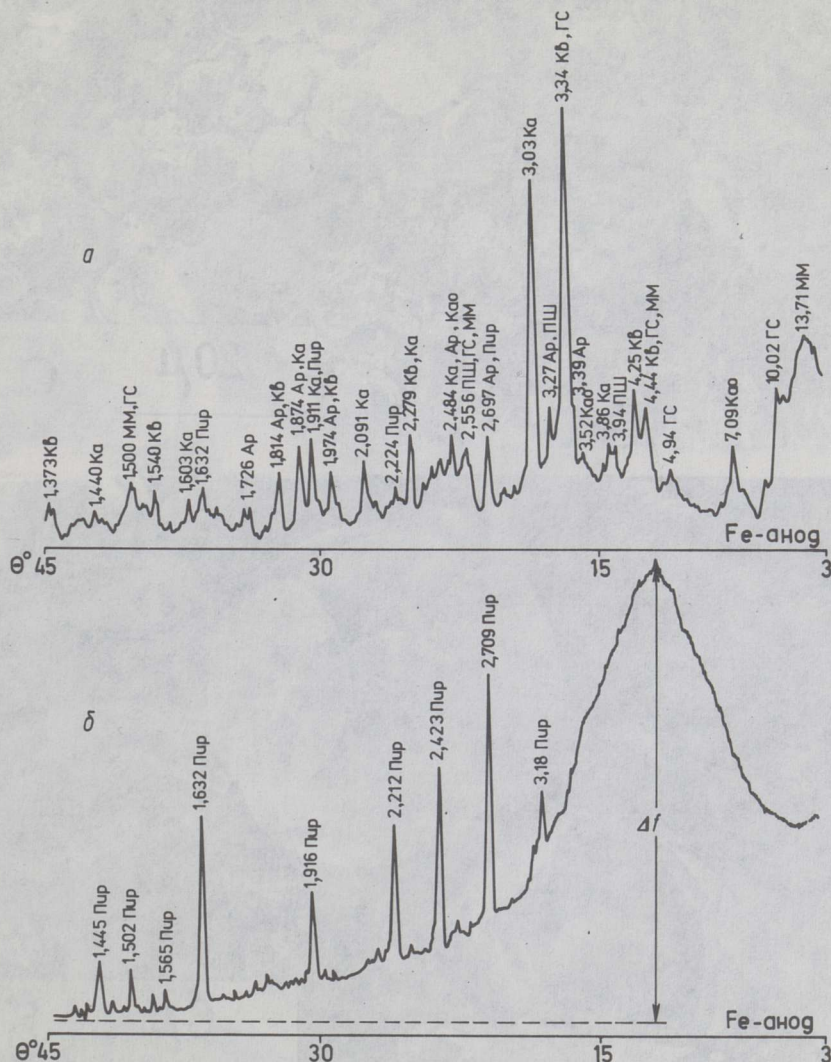


Рис. 1  
Дифрактограммы: а — исходного горючего сланца, б — концентрата органического вещества. Условные обозначения: Ар — арагонит, Ка — кальцит, Кв — кварц, ПШ — полевой шпат, ГС — гидрослюда, Као — каолинит, ММ — монтмориллонит, Пир — пирит, Сид — сидерит, Гейл — гейландит

го элементного состава, %: N 1,7, H 7,2, C 63,6, O 21,0, S 6,5. Концентрат ОВ также исследовали рентгендифрактометрически. Сравнение дифрактограмм *a* и *б* (рис. 1) показывает, что при обогащении кислотами не удаляется только пирит. Высота диффузного максимума ( $\Delta f$ ), определяющего содержание ОВ, значительно больше на дифрактограмме *б*. Положение диффузного максимума зависит от характера ОВ. Так, диффузный максимум сысольского сланца сдвинут

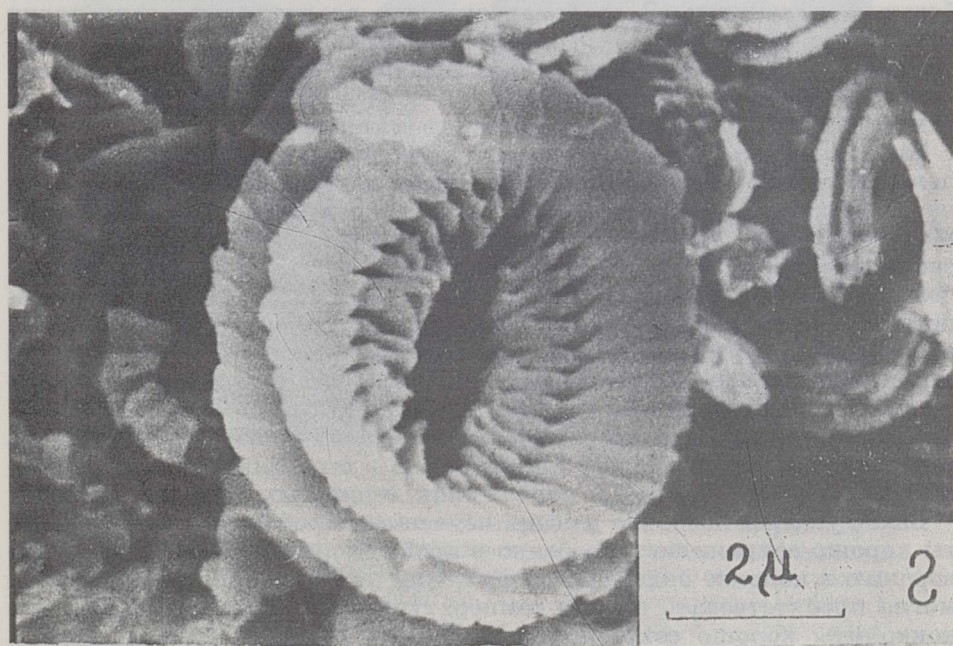
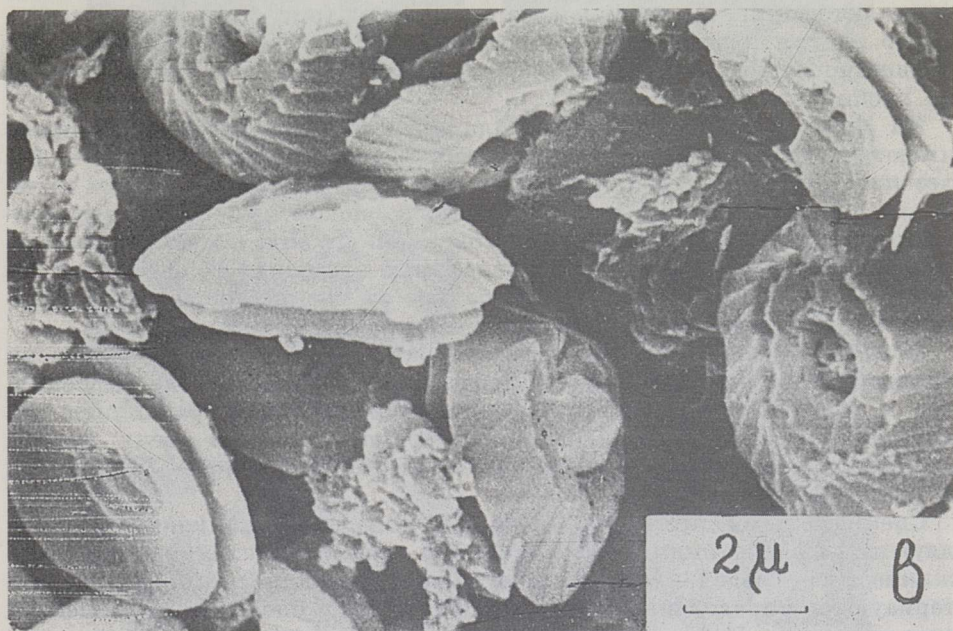


Рис. 2

Микрофотографии кокколитофоров в горячем сланце, отобранном с глубины 11,4 м: *a* — скелеты кокколитофорид, *б* — отдельные кокколиты (плаколиты), полураспавшиеся и целые коккосферы,

в область меньших углов ( $\Theta=12^\circ$ ) по сравнению с показателями ку- керсита [5], что указывает на различия в химической природе ОВ этих разновидностей горючих сланцев.

Электронно-микроскопические исследования (растровый электрон- ный микроскоп «Тесла ВС 300», ускоряющее напряжение 25 кВ, ток зонда 100 пА, декорирование золотом) показали, что в сысольском горючем сланце широко представлены кокколиты, т. е. скелетные



*в* — плаколиты с дистальной и проксимальной стороны, фоссили- зированное органическое вещество, *г* — отдельный плаколит с проксимальной стороны

остатки кокколитофорид — жгутиковых одноклеточных организмов, относимых к золотисто-бурым водорослям [6].

Существует целый ряд морфологических групп, или морфотипов ископаемых и современных кокколитов. В пробах сланцев, отобранных с глубин 11,4 и 103,7 м, преобладающим морфотипом являются плаколиты. При общей хорошей сохранности в обеих пробах, кокколиты в сланце, отобранном с глубины 11,4 м, сохранились лучше. В нем обнаружены целые кокколитосферы в прижизненном состоянии кокколитофорид, построенные из плаколитов (рис. 2, а, б). Это достаточно редкая находка в ископаемых осадках, так как подавляющее большинство коккосфер после гибели кокколитофорид самопроизвольно распадается [7].

На фоне подавляющего преобладания плаколитов в этой пробе имеются единичные экземпляры криколитов, или циклолитов — более простых форм кокколитов (рис. 2, а). По морфологическим признакам найденные плаколиты являются ископаемыми предшественниками наиболее распространенного современного вида *Coccolithus pelagicus*. На рис. 2 хорошо видны радиальные элементы с дистальной (в) и проксимальной стороны (з), свободное от маскирующего слоя центральное поле плаколита и строение центральной поры (г).

Кокколиты в сланце, взятом с глубины 103,7 м, морфологически разнообразнее (рис. 3). Преобладают плаколиты того же строения, что и в первом образце (а, б), представлены также рабдолиты (в), диадозигоидеи (г), зигодиски (д), зиголиты (е, ж). В обеих пробах сланцев наблюдается бесструктурное фоссилизированное ОВ (рис. 2, в, рис. 3, з).

Специальными исследованиями [6] доказано, что кокколиты являются важным индикатором условий осадконакопления. Их содержание и распределение в осадках зависит от ряда факторов и характеризуются определенной биогеографической и биостратиграфической зональностью. Кокколиты приурочены к тонким илистым осадкам, богатым кальцитом. В слабокарбонатных осадках они очень редки или отсутствуют (например, в глубоководных красных глинах). Максимальные количества кокколитов обычно наблюдаются на небольших глубинах, однако в прибрежной зоне их мало из-за осаднения там большого количества терригенного материала.

Вид *Coccolithus pelagicus* считают индикатором нормальной палеосолёности морских бассейнов: размеры его популяции зависят от солёности, и этот вид практически исчезает, если последняя превышает 39 г/л воды [8]. Кроме того, он характеризует температурный режим среды осадконакопления, поскольку доминирует среди немногочисленной группы холодноводных кокколитофорид [4], тогда как большинство видов этих организмов относится к тепловодным. К холодноводным микроорганизмам относятся сульфатвосстанавливающие бактерии, осуществляющие в анаэробных условиях и при низкой температуре воды диссимиляторную сульфатредукцию [9]. Этим бактериям, восстанавливающим серу растворенных в воде сульфатов до сероводорода, принадлежит главная роль в осернении ОВ и образовании аутигенного пирита в отложениях сернистых горючих сланцев.

Выше указывалось, что в обеих изученных пробах сланцев кокколиты хорошо сохранились, особенно в пробе с глубины 11,4 м. Их растворению в колонке воды при погружении на дно в определенной мере могла препятствовать низкая температура воды. Известно также, что кокколиты хорошо сохраняются в донных осадках Черного моря и Чилийского желоба, где зафиксировано сероводородное заражение [7]. Оказалось, что кокколиты претерпевают там сильное вторичное окремнение, которое является защитной реакцией кокколитофорид

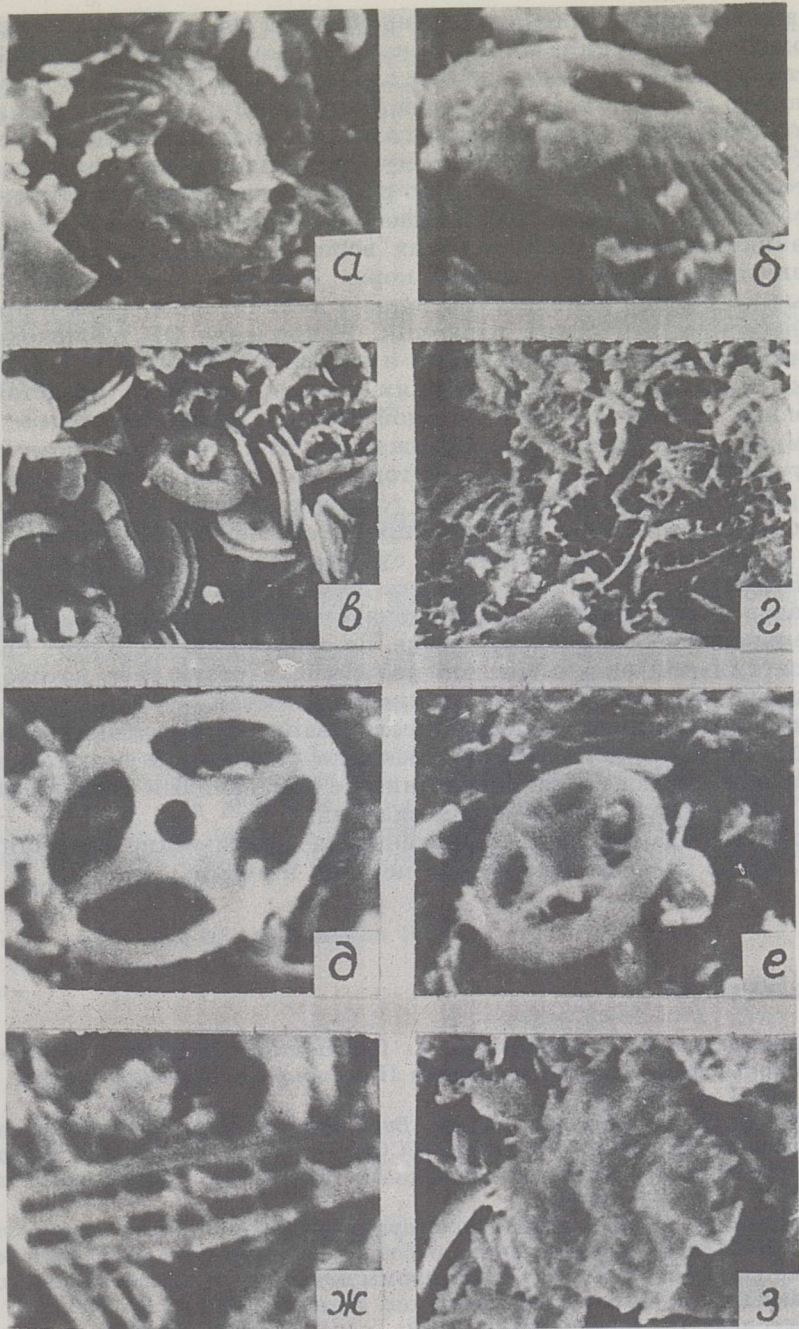


Рис. 3

Микрофотографии кокколитов в горячем сланце, отобранном с глубины 103,7 м: а, б — плаколиты с дистальной стороны (а — 5360×, б — 6320×), в — рабдолиты (4720×), г — скелеты диадозигонидей (4720×), д — зигодиски (11 600×), е, ж — зиголиты (е — 8000×, ж — 14 400×), з — фоссилизованное органическое вещество (14 800×)

против агрессивной, содержащей сероводород среды. Причем отличить морфологически кремнеземовый скелет от кальцитового невозможно, для этого нужны специальные исследования [7]. Нами этот вопрос специально не изучался, но возможность вторичного окремнения кокколитов в бассейне накопления сысольского сланца вполне допустима.

Для юрского периода, к которому приурочено образование сысольских горючих сланцев, характерно развитие морских и континентальных фаций. По данным [10], образование юрских сланцев происходило в эпиконтинентальных морских водоемах, возникших вследствие тектонических движений земной коры. Для юры характерны значительные колебания температуры воды и наличие зональных и провинциальных климатических различий. Накопление ОВ происходило в условиях изменяющегося солевого и газового режима в морских бассейнах. Минеральная часть юрских горючих сланцев представлена в основном глинами, в той или иной степени известковистыми.

По минеральному составу, содержанию ОВ и его элементному составу изученная проба сысольского горючего сланца в общем типична для юрских отложений сернистых горючих сланцев восточного участка Русской платформы. ОВ этой пробы сильно преобразовано (окислено) в результате деятельности сульфатвосстанавливающих бактерий. Несмотря на то, что процесс бактериального восстановления сульфатов и, следовательно, сланценакопление происходили в восстановительной (сероводородной) среде, по отношению к ОВ этот процесс являлся сильной окислительной реакцией, в результате которой ОВ обогащалось кислородом и изменяло свой состав.

Электронно-микроскопическое исследование проб горючих сланцев, отобранных с разной глубины, выявило различия в сохранности и видовом составе кокколитов, связанные с изменениями условий накопления различных слоев горючих сланцев.

Автор благодарит И. Р. Клесмента за критические замечания и К. Р. Утсала и А. К. Паюмяэ за помощь в работе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Каширский В. Г., Коваль А. А.* Перспективы энерготехнологического использования горючих сланцев Поволжья. — Горючие сланцы, 1984, 1, № 1, с. 29—34.
2. *Дедеев В. А., Анисимов Ю. А., Васильева Л. Ф. и др.* Прогноз сланценосности Европейского Севера СССР. — Серия препринтов сообщений «Научные рекомендации народному хозяйству» / Коми филиал АН СССР. Вып. 29, 1981.
3. *Зытнер И. Я.* Результаты геологоразведочных работ на горючие сланцы в Коми АССР и направление работ на XI пятилетку. — В кн.: Состояние сырьевой базы сланцевой промышленности и направления геологоразведочных работ в XI пятилетке. Таллин, 1984, с. 81—83.
4. *Клесмент И.* Комплексная схема исследования структуры органического вещества горючих сланцев. — Горючие сланцы, 1984, 1, № 1, с. 58—68.
5. *Утсал К.* Применение рентгендифрактометрического метода для комплексного исследования вещественного состава горючих сланцев. — Горючие сланцы, 1984, 1, № 1, с. 69—80.
6. *Ушакова М. Г.* Биогеографическая зональность карбонатного нанопланктона в поверхностном слое донных осадков Тихого, Атлантического и Индийского океанов. — В кн.: Микропалеонтология океанов и морей. М., 1974, с. 106—116.
7. *Голубев С. Н.* Реальные кристаллы в скелетах кокколитофорид. — М., 1981.

8. Шуменко С. И. Распространение известковых нанофоссилий в позднеплейстоцен-голоценовых осадках Средиземного, Красного и Черного морей. — В кн.: Систематика и морфология микроорганизмов: Мат. VIII микропалеонтологического совещ. Баку, 1980, с. 111—112.
9. Гриненко В. А., Иванов М. В. Основные реакции глобального биогеохимического цикла серы. — В кн.: Глобальный биогеохимический цикл серы и влияние на него деятельности человека. М., 1983, с. 12—31.
10. Зеленин Н. И., Озеров И. М. Справочник по горючим сланцам. — Л., 1983.

Представил О. Г. Эйзен

Поступила в редакцию  
26.02.1985

Институт химии  
Академии наук Эстонской ССР  
г. Таллин

E. B. BONDAR

## INVESTIGATION OF SYSOLA OIL SHALE, KOMI ASSR

### 1. CHARACTERIZATION OF OIL SHALE

Geological data on the deposit have been presented. The mineral composition of Sysola oil shale has been determined by using the X-ray diffraction method. The main minerals found are clays (75.1%) and calcite (21.1%). The Sysola oil shale is sulfurous (S 2.5%, pyrite 3.8%). Its organic matter (27.9%) has been considerably transformed (oxidized) and contains 21.0% of oxygen.

Two samples of Sysola oil shale of different depth have been studied by scanning electron microscopy and calcareous skeletal remains of *Coccolithophoridae* (coccoliths) have been determined. The coccoliths in the samples are morphologically different with placoliths being most abundant in both the samples. The differences in the degree of preservation of coccoliths have also been observed. All these variations result from those in depositional conditions of different Sysola oil shale strata.

Academy of Sciences of the Estonian SSR,  
Institute of Chemistry  
Tallinn